

# ARRANGING METHOD FOR TURBINE MOVING BLADE

Publication number: JP6248902 (A)

Publication date: 1994-09-06

Inventor(s): SUZUKI TOSHIO +

Applicant(s): TOSHIBA CORP +

Classification:

- international: F01D5/16; F01D5/26; F01D5/32; F01D5/00; F01D5/12; F01D5/14; (IPC1-7): F01D5/16; F01D5/26; F01D5/32

- European:

Application number: JP19930040039 19930301

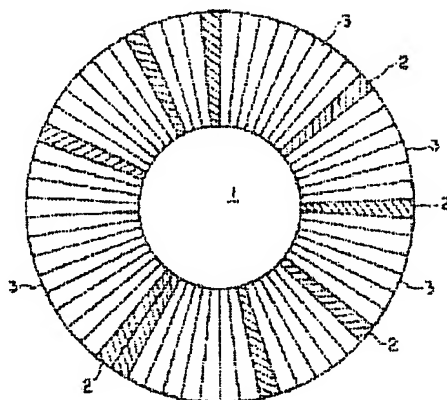
Priority number(s): JP19930040039 19930301

Also published as:

JP3272088 (B2)

## Abstract of JP 6248902 (A)

PURPOSE: To provide a moving blade arranging method capable of restraining response to exciting forces relatively low even when a vibration form in a wheel mode is hard to appear, or even when it appears. CONSTITUTION: Blades 2, the natural frequency of which has a unique frequency deviated from an average value of the total number of moving blades 3, are arranged on the whole periphery of a wheel 1 at unequal intervals, and other blades are arranged so that unequal vectors due to the difference in weight between the blades of the whole wheel 1 are minimal or fall in an allowable range.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-248902

(43)公開日 平成6年(1994)9月6日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 1 D	5/26	7825-3G		
	5/16	7825-3G		
	5/32	7825-3G		

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-40039

(22)出願日 平成5年(1993)3月1日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 鈴木 登志雄

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

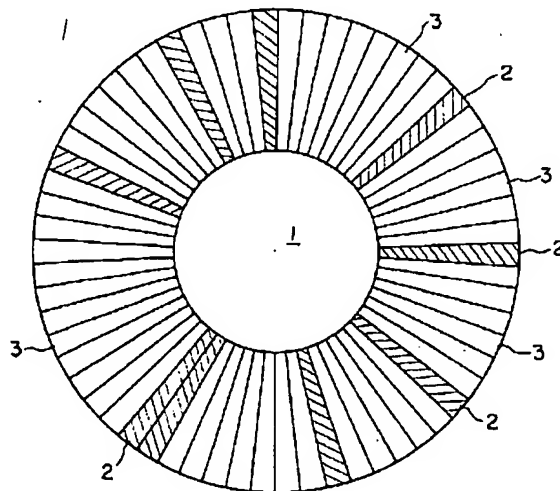
(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 タービン動翼の配列方法

(57)【要約】

【目的】 ホイールモードの振動形態が現われにくい、  
或は現われたとしても励振力に対する応答を比較的低く  
抑えるための動翼配列方法を得ること。

【構成】 固有振動数が動翼全数の平均値から離れた特  
異な振動数を有する翼2をホイールの全周に不均等間隔  
で配置し、かつその他の翼をホイール全体の翼の重量差  
による不均等ベクトルが最小かまたは許容範囲内におさ  
まるように配置する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ロータの外周に多数のタービン動翼を装着して形成されるタービンロータにおけるタービン動翼の配列方法において、固有振動数が動翼全数の平均値から離れた特異な振動数を有する翼をホイールの全周に不等間隔で配置し、かつその他の翼をホイール全体の翼の重量差による不釣合ベクトルが最小かまたは許容範囲内におさまるように配置することを特徴とするタービン動翼の配置方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は蒸気タービン、ガスタービンなどの動翼に係わり、回転体における不釣合量を極力小さくすると共に、振動応力をも低レベルに押さえることができるような動翼の配列方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】タービン動翼の加工において、特に作動流体の通路部（以下翼形と称する）の加工方法を見ると、従来は主にモデル羽根を機械に取り付けて倣い加工が行なわれていた。一方最近では加工機械の急速な進歩と加工精度の向上もあいまって高速3次元NCを用いて直接図寸形状に仕上げようとする方法が採られている。このような背景から、加工品質も向上し製品の寸法的なばらつきも比較的小さくなっている。しかしながら高速3次元NCに使用されているエンドミル等のカッターには、使用時間の経過に伴い、徐々に摩耗等による変形が生ずるため、実際には翼の加工本数を目安にして交換さ\*

\*れる。したがってこのように加工された翼形は、図面で指定された公差の範囲内で肉厚等の寸法にばらつきが生じ、この機械加工時における翼形の肉厚のばらつきにより各翼の固有振動数や重量にばらつきが生ずる。

【0003】そこで、機械加工の完了した翼の管理方法としては、個々の翼の固有振動数計測とモーメント計測が一般に行なわれている。固有振動数計測は製品のばらつきを主に管理するものであり、ばらつきが大きく許容値を超えるものに対しては修正加工が施される場合もある。またモーメント計測は、個々の翼の重量にロータ中心・翼重心間距離を掛けた値を計測するものであり、この計測値のばらつきが大きい場合も修正加工が施される。

【0004】ところで、タービン動翼には高速回転時に過大な遠心力が作用するため、個々の動翼のわずかな重量差でも大きな不釣合として作用する場合がある。この不釣合を小さくするための方法の一つとして、翼をロータに組み立てる前に配列計算を実施し、不釣合が極力小さくなるような翼の配列順序を設定している。更に組み立て後にはバランスウェイトによる調整もなされている。

【0005】翼の配列を決定する場合、実際には次のような計算が行なわれる。図4において、ロータホイール一段落全周の翼枚数をN、各翼の取り付け角を $\Theta_i$ 、各翼のモーメントを $M_i$ とすると

## 【0006】

$$X = \sum M_i \cdot \cos(\Theta_i), Y = \sum M_i \cdot \sin(\Theta_i) \quad (1)$$

で定義される。 $M_i$ は翼の重量 $W_i$ と、ロータ中心Cと翼の重視 $G_i$ との距離 $D_i$ を用いて次のように定義される。

$$V = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

翼の配列計算ではこのVの値が最小となるような配列順序を求めている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】図5はロータホイール1の一段落に動翼2を装着した場合の一例であり、図6および図7は一段落分の翼全数に関する低次代表モード固有振動数の計測値とモーメント計測値の頻度分布を統計的に表示したものである。図6と図7の相関関係を見ると一般的には固有振動数の低い領域F1とモーメント計測値の低い領域M1、また固有振動数の高い領域F2とモーメント計測値の高い領域M2が比較的对応する。すなわち翼の長さが同じ場合、翼形が厚めに加工されると重量は大きくなり、固有振動数も高くなる。一方翼形が薄目に加工されると重量は小さくなり、固有振動数も低くなる傾向がある。

【0010】図8はこの様な翼を従来の技術により配列した一例である。従来の技術による配列では、翼のモー

30※【0007】 $M_i = W_i \cdot D_i$   
ベクトルの大きさは次式で与えられる。

## 【0008】

(2)

メント計測値を基に決定されるため、図8に示すように特異なモーメントを有する翼3が数箇所に固まり、ほぼ等間隔に配置される場合がある。特異なモーメントを有する翼3としてはモーメント値の小さい翼が等間隔に配置される場合もあり、またモーメント値の小さい翼が等間隔に配置される場合もある。

40【0011】前述したようにモーメントの大小と固有振動数には比較的相関関係があるため、このような配列では次のような問題点がある。

【0012】すなわちロータホイールと動翼全体を振動特性の面から見た場合、例えば固有振動数の極端に高い翼だけがホイールの特定の箇所に固まり、それが全周に等間隔に位置するような場合には、その位置がホイールモード振動の節直径になりやすい。ホイールモード振動とは翼とロータホイールが連成して円板状の振動形態を示すものである。このような振動形態は、翼の長さが短い高中圧段落部、あるいは翼長が比較的長くてもホイー

ルが薄い場合などに現れるものである。また一般に低次モードすなわち節直径が少ないほど励振力に対する振動の応答レベルは大きくなる。図8は振動数の特異な翼がホイールの4箇所に等間隔に配置され、2節直径モードの振動形態が現れた例を示している。図中、ND1とND2はホイールモード振動の節直径線を示している。このような振動形態は回転数の2倍周波数をはじめとして、2の整数倍で回転同期した励振力に対して大きな応答を示し大きな振動応力発生の原因となりやすい。

【0013】図8はホイールモード振動の一例として2節直径モードを示しているが、節直径が3、4、…と増した場合には、その節直径の整数倍で回転同期した励振力に対して大きな応答を示すことになる。

【0014】翼がホイールに組み込まれる時の構造としては、翼同志が互いに連結されないフリースタンディング翼、複数の翼を連結した群翼、或いは全周の翼を連結した全周一群翼などがあるが、そのいずれにおいてもホイールモードの振動形態は発生し得る。

【0015】本発明はかかるホイールモードの振動形態が現れにくい、あるいは現れたとしても励振力にロータホイールする応答を比較的低く抑えるための翼配列方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明に係わるタービン動翼の配列方法は、上述した従来技術が有する課題を解決するために、翼の配列計算の際にモーメント計測値だけでなく固有振動数計測値も含めて翼の配列順序を決定しようとするものであり、固有振動数が動翼全数の平均値から離れた特異の振動数を有する翼をホイールの全周に不等間隔で配置し、かつその他の翼をホイール全体の翼の重量差による不均合ベクトルが最小かまたは許容範囲内におさまるように配置することを特徴とする。

【0017】

【作用】本発明に係わるタービン動翼の配列方法は、不均合ベクトルを最小にする条件のほかに固有振動数の特異な翼がホイールの数箇所に固まることがなく、しかもそれが等間隔にならないような翼の配列順序となっているために、ホイールモードの振動において節直径が現れにくく、したがって回転同期した低次の励振力に対してホイールモードの振動応力レベルが低く抑えられる。

【0018】

【実施例】以下、本発明に係わるタービン動翼の配列方法の一実施例を図1を参照して説明する。

【0019】図1はホイールに組立られた一段落分の翼の配列を示している。ホイール1の外周に特異な固有振動数を有する翼2が不等間隔で配置され、その翼2の間に比較的平均的な固有振動数を有する翼3が配置されている。翼3はホイール全体の不均合ベクトルが極力小さくなるように配列が決定されている。この実施例では翼同志の相互の連結構造がないフリースタンディング翼の

例を示している。

【0020】一方図2は、それに対応する翼1段落分の固有振動数の頻度分布を示した投影図である。図2においてF1は固有振動数の極端に低い翼を示し、F2は逆に固有振動数が高い翼を示している。F3は固有振動数が平均値に近い翼である。F1とF3、およびF3とF2の閾値としては、たとえばF1、F2がそれぞれ全数の5%となるような設定も一つの方法である。

【0021】ここで翼の全数をN、F1およびF2に相当する翼の本数をそれぞれN1、N2とする。翼の配列決定の手順としては、まず全数Nをランダムに配列する。ランダムに配列する方法としては、たとえば乱数を用いて翼を順次選んでいくことにより決定できる。また特定の節直径のみを回避するような配置も容易に設定可能である。そしてF1とF2に相当し特異な振動数を有する翼2(N1+N2)本をこの配列番号で固定する。配列番号とはホイールの外周に沿って順番に決められた翼の取り付け位置を示す番号である。

【0022】次にF3に相当し比較的平均的な固有振動数有する翼3のみの取り付け位置を交換することにより、(2)式で定義された不均合ベクトルが最小になるような配列を計算する。このとき既に決定されているF1とF2に相当する翼2(N1+N2)本の取り付け位置は固定されているので、特異な固有振動数を持つ翼の配列はホイールの全周にロータホイールして不等間隔で分布したままの状態になっている。

【0023】上述した構成と作用から明らかに、本実施例のタービン動翼配列方法は固有振動数の特異な翼が数箇所に固まること無く、全周に不等間隔で配置されているために、低次のホイールモードとして節が現れにくく、したがって回転数の倍数周波数などの低次の回転同期励振力に対して応答しにくいため、低い振動応力レベルが維持される。

【0024】図3は本発明のタービン動翼配列方法を適用した他の実施例である。ホイール1の外周には特異な固有振動数を有する翼2が不等間隔で配置されており、その特異な固有振動数を有する翼2間に、平均的な固有振動数を有する翼3がホイール全体の翼の重量差による不均合ベクトルが小さくなるように配置されている。この実施例は全周の翼同志をタイワイヤー4により互いに連結した全周一群翼構造の例を示している。全周一群構造としては、タイワイヤーを用いずにスリーブやカバース等連結片を用いることもある。

【0025】本実施例においても固有振動数の特異な翼が数箇所に固まること無く、全周に不等間隔で配置されているために、低次のホイールモードとしての節が現れにくく、したがって回転数の倍数周波数などの低次の回転同期励振力に対して応答しにくいため、低い振動応力レベルが維持される。

【0026】その他の実施例としては複数の翼同志を互

いに連結した群翼構造の場合でも本発明の配列方法は適用可能であり、十分な効果が期待できる。群翼構造においても固有振動数の特異な翼が特定の翼群に固まること無く、全周に不等間隔で配置されていれば、低次のホイールモードとしての節が現れにくく、したがって回転数の倍数周波数などの励振力に対して応答しにくいため、低い振動応力レベルが維持される。

【0027】タービン動翼の設計において、低压段落などに使用される比較的翼長の長翼では、翼単体でも回転倍数周波数成分に対して共振しないような設計が成されるが、翼の剛性に対してホイールの剛性が小さい場合にはホイールモードの振動が比較的低い振動数で現れるため、かかるモードの振動応力を低いレベルに抑える設計が必要になる。

【0028】また、特に翼長の短い動翼ではむしろホイール連成モードの振動が主体となるため、これに対する対策は重要である。

【0029】

【発明の効果】以上述べたように本発明のタービン動翼配列方法は、固有振動数の特異な翼が数箇所に固まること無く、全周に不等間隔で配置されているために、低次のホイールモードとしての節が現れにくく、したがって回転数の倍数周波数などの低次の回転同期励振力に対し\*

\* 応答しにくいため、低い振動応力レベルが維持される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のタービン動翼配列方法により決定された動翼の配置列を示す配列図。

【図2】実際に加工された翼の低次代表モード固有振動数の頻度分布を示す統計図。

【図3】本発明の動翼配列方法を全周一群連結構造翼に適用した他の実施例を示す配列図。

【図4】従来の動翼配列方法による不釣合ベクトルの計算方法を示す説明図。

【図5】動翼の組み立て構造を示す鳥瞰図。

【図6】動翼1段階分の低次代表的モード固有振動数の頻度分布を示す統計図。

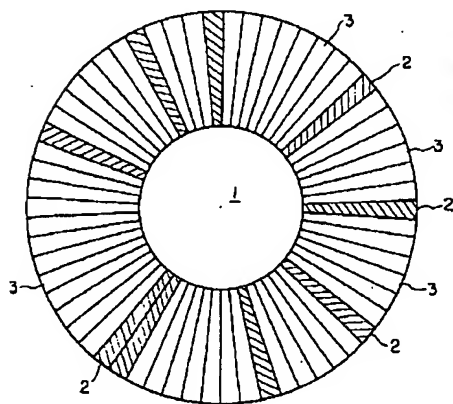
【図7】動翼1段落分のモーメント計測値の頻度分布を示す統計図。

【図8】従来の動翼配列方法による動翼の配置列を示す図。

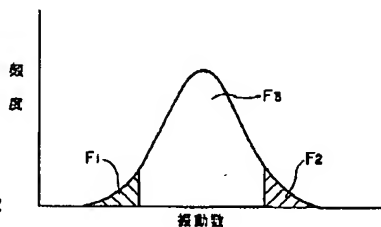
【符号の説明】

- 1 ホイール
- 2 特異な固有振動数を有する翼
- 3 動翼
- 4 タイワイヤ

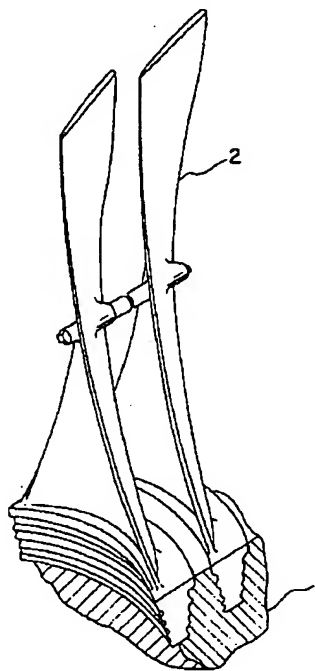
【図1】



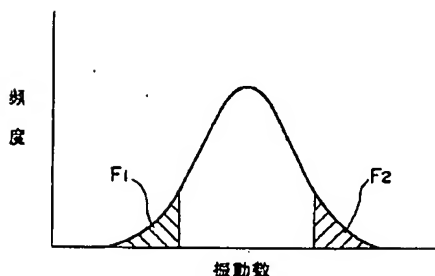
【図2】



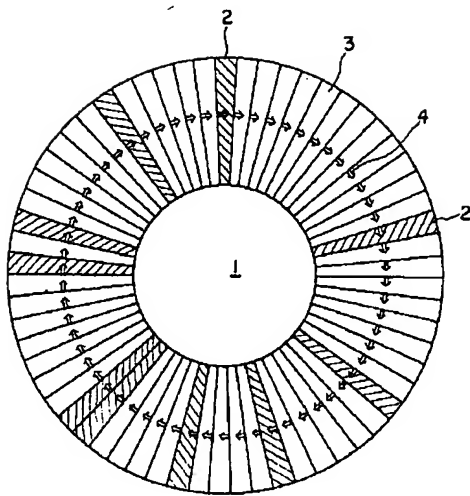
【図5】



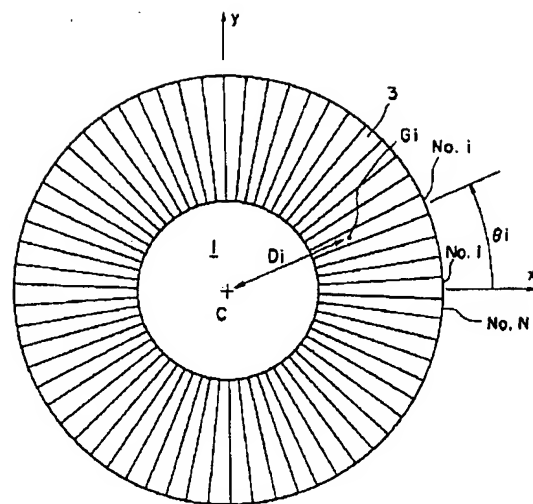
【図6】



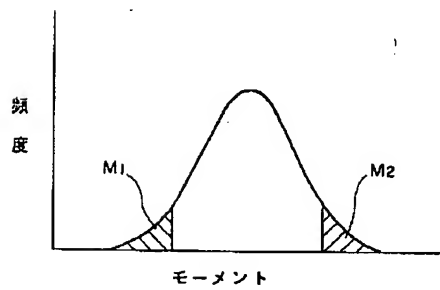
【図3】



【図4】



【図7】



【図8】

